Selected Papers from Impact

¿El Tipo de Rodillo de Espuma Influye en la Tasa de Recuperación, la Respuesta Térmica y la Prevención del DOMS?

Does the Type of Foam Roller Influence the Recovery Rate, Thermal Response and Doms Prevention?

Jakub Grzegorz Adamczyk[1], Karol Gryko[2] y Dariusz Boguszewski[3]

[1]*Rehabilitation Department, Physiotherapy Division, Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland*
[2]*Athletics and Team Sport Games Department, Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Warsaw, Poland*
[3]*Theory of Sport Department, Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Warsaw, Poland*

RESUMEN

Propósito
Sostener la recuperación posterior al ejercicio requiere elegir no sólo el tratamiento adecuado sino también el equipamiento, en el que el impacto no siempre es claro. El estudio tuvo como objetivo determinar el efecto del rodillo de espuma (*foam roller*) sobre la tasa de eliminación de lactato y la prevención del DOMS y si el tipo de rodillo de espuma es efectivo en el contexto de la recuperación posterior al ejercicio.
Métodos
Este estudio aleatorizado incluyó a 33 hombres sanos activos divididos en tres grupos de once individuos: usando un rodillo de espuma liso (STH) o de rejilla (GRID) o recuperación pasiva (PAS). Todos los participantes realizaron saltos de sentadilla completa durante un minuto. El examen se realizó en reposo (imagen térmica de la temperatura de la piel - [Tsk] y lactato sanguíneo - [LA]), inmediatamente después del ejercicio (Tsk y LA), inmediatamente después del tratamiento de recuperación (Tsk) y después de 30 minutos de descanso (Tsk y LA). Sus niveles de dolor se evaluaron utilizando una Escala Visual Analógica (VAS) 24, 48, 72 y 96 horas después del ejercicio.
Resultados
La magnitud de la disminución del lactato depende del tipo de recuperación utilizada. En el grupo PAS, la disminución en la concentración de lactato en 2.65 mmol/L después de un descanso de media hora fue significativamente menor que en los otros grupos (STH vs. PAS $p = 0.042$/GRID vs. PAS $p = 0.025$). Para las respuestas térmicas, se observaron diferencias significativas entre ambos grupos experimentales sólo 30 minutos después del ejercicio. Una disminución significativa en el dolor en el grupo STH ocurrió entre 48 y 96 horas, mientras que el grupo GRID mostró una disminución significativa sistemática en los valores de la VAS en mediciones posteriores. Los cambios en los valores de VAS en mediciones posteriores en el grupo PAS no fueron estadísticamente significativos ($p > 0.05$).
Conclusiones
El rodillo de espuma parece ser efectivo para mejorar el aclaramiento de lactato y contrarrestar el DOMS, pero el tipo de rodillo de espuma no parece influir en la tasa de recuperación.

Palabras Clave: rodillo de espuma, respuesta, recuperación, prevención, DOMS

ABSTRACT

Purpose: Supporting post-exercise recovery requires choosing not only the right treatment but also the equipment, in which the impact is not always clear. The study aimed to determine the effect of foam rolling on the rate of lactate removal and DOMS prevention and whether the type of foam roller is effective in the context of post-exercise recovery. Methods: This randomized trial enrolled 33 active healthy males divided into three groups of eleven individuals: foam rolling with a smooth (STH) or grid roller (GRID) or passive recovery (PAS). All the participants performed full squat jumps for one minute. Examination took place at rest (thermal imaging of skin temperature–[Tsk] and blood lactate–[LA]), immediately following exercise (Tsk & LA), immediately after recovery treatment (Tsk) and after 30 minutes of rest (Tsk & LA). Their pain levels were assessed using the Visual Analog Scale (VAS) 24, 48, 72, and 96 hours after exercise. Results: The magnitude of lactate decrease depended on the type of recovery used. In the PAS group, the decrease in lactate concentration by 2.65 mmol/L following a half-hour rest was significantly lower than that in the other groups (STH vs. PAS $p = 0.042$ / GRID vs. PAS $p = 0.025$). For thermal responses, significant differences between both experimental groups were noted only 30 minutes after exercise. A significant decrease in pain in the STH group occurred between 48 and 96 hours, while the GRID group showed a systematic significant decrease in VAS values in subsequent measurements. Changes in VAS values in subsequent measurements in the PAS group were not statistically significant ($p>0.05$). Conclusions: Foam rolling seems to be effective for enhancing lactate clearance and counteracting DOMS, but the type of foam roller does not seem to influence the recovery rate.

Keywords: foam roller, response, recovery, prevention, DOMS

INTRODUCCIÓN

Durante el ejercicio intenso, los músculos humanos producen y liberan grandes cantidades de lactato (LA) al mismo tiempo que lo usan como fuente potencial de energía para trabajo adicional [1]. Por lo tanto, dado que el desarrollo y el inicio de la fatiga se correlacionan bien con la acumulación de lactato en sangre (LA), la medición del ácido láctico proporciona una medida efectiva y accesible que puede contribuir a la fatiga [2]. Además, los métodos más efectivos de eliminación de lactato durante la recuperación y su impacto en el rendimiento han atraído la atención de los científicos y profesionales del deporte. A pesar de muchos tratamientos de recuperación posteriores al ejercicio, sólo unos pocos se consideran efectivos. Algunos ejemplos de los métodos utilizados para mejorar la recuperación incluyen estiramiento, masaje, masaje con hielo e inmersión en agua fría, estimulación muscular transcutánea, *kinesiotaping*, musicoterapia, ejercicio de baja intensidad y recuperación con agentes farmacológicos [3,4,5]. La mayoría de ellos se basan en mejorar el flujo sanguíneo, lo que se puede hacer mediante diferentes métodos de estimulación (por ej., temperatura, impacto mecánico, movimientos musculares).

El aumento del flujo sanguíneo a través de los músculos después del ejercicio puede ayudar a eliminar rápidamente los síntomas de fatiga. Por lo tanto, el ejercicio de baja intensidad puede tener un efecto positivo en la recuperación muscular post-ejercicio [6]. La recuperación también se puede apoyar aumentando mecánicamente la compresión de los tejidos para inducir la vasodilatación y aumentar la circulación sanguínea [4]. Uno de los métodos para lograr esto es la liberación auto-miofascial (SMFR) por medio de un rodillo de espuma, que puede aumentar la hidratación y la elasticidad de la fascia. El rodillo de espuma implica el uso de la presión del peso corporal de una persona sobre el mismo rodillo y, por lo tanto, sobre el tejido blando durante el movimiento [7].

El efecto del aumento del flujo sanguíneo arterial puede inducir mecanismos fisiológicos que evitan la fatiga muscular asociada con el ejercicio físico. El tratamiento con un rodillo de espuma se asocia con una mejor perfusión arterial al aumentar el flujo sanguíneo en las arterias, por lo que parece que el rodillo de espuma (FR) puede conducir a cambios fisiológicos adaptativos en una mayor eficiencia, ROM y recuperación [8,9,10]. Los estudios en el campo de la SMFR, indican la efectividad de esta técnica para aliviar el dolor debido a muchas respuestas fisiológicas. Algunas de ellas son el aumento del flujo sanguíneo, la rigidez arterial reducida, la mejora de la función endotelial vascular y el aumento de la concentración de óxido nítrico [11].

La investigación también sugiere que la sensación de DOMS (dolor muscular de inicio tardío) puede ser más débil cuando se usa la técnica de rodillo de espuma debido a la tixotropía, lo que podría causar rigidez del tejido localmente alterada o tono no neuronal [12]. Tal método promueve un estado de fascia como en forma de gel sin ningún deterioro de las propiedades neuromusculares [13]. En un estudio de Bradbury-Squires y cols. [14], estos síntomas se redujeron

significativamente en cada prueba posterior (24 hs, 48 hs y 72 hs) en personas que utilizaron el FR una vez al día con dos series de 60 segundos cada una. El dolor muscular de aparición tardía es causado principalmente por cambios en los tejidos conectivos, y el rodillo de espuma afecta principalmente al tejido conectivo y no al tejido muscular. Esto explica la reducción de la sensación de dolor sin una pérdida visible de la función muscular [15]. Otra causa subyacente es el aumento en el flujo sanguíneo, que conduce a la eliminación del ácido láctico en la sangre, una reducción de la hinchazón y suministro de oxígeno a los músculos [9].

D'Amico y Paolone [16] estudiaron el efecto del uso del rodillo en la recuperación entre dos esfuerzos anaeróbicos y descubrieron que el uso del FR puede no ser una forma efectiva de apoyar la recuperación entre ejercicios intensos con un descanso de 30 minutos. Según los autores, el uso del rodillo de espuma durante la recuperación después del daño muscular inducido por el ejercicio causado por la carrera no parece ser efectiva para reducir el dolor muscular más allá de lo que se puede lograr con un calentamiento dinámico. Hodgson y cols. [17] también cuestionaron los efectos a largo plazo del uso del rodillo de espuma sobre la sensación de dolor, ya que los efectos inmediatos del rodillo de espuma pueden no traducirse en cambios crónicos probablemente debido a la modulación central del dolor, que podría requerir una más larga influencia del SMFR.

El factor que afecta potencialmente la efectividad del procedimiento de SMFR es el tipo de rodillo de espuma utilizado para los ejercicios. Una mayor dureza y una estructura no uniforme (rejilla) contribuyen a aumentar la presión puntual sobre el tejido masajeado para que el efecto analgésico sea mayor [18,19]. Además del aumento de la circulación sanguínea, el SMFR está asociado con la liberación del punto de activación que, con el uso de rodillos de espuma de rejilla, podría aumentar la presión sobre el tejido y mejorar la recuperación [20].

Se necesitan métodos de diagnóstico seguros y no invasivos para garantizar procesos de entrenamiento y atención médica adecuados en los atletas. Un ejemplo de tales métodos es la imagen térmica. La información sobre la eficiencia de los cambios metabólicos y los sistemas endógenos de eliminación de calor durante el entrenamiento asociado con el retorno a la homeostasis y la recuperación posterior al ejercicio es indicada por el cambio en la temperatura de la superficie corporal. Las técnicas de imagen térmica ofrecen oportunidades para monitorear estos fenómenos. Los hallazgos publicados por Adamczyk y cols. [21] mostraron que el ejercicio anaeróbico máximo estuvo acompañado por una disminución significativa de la temperatura en la superficie de los músculos involucrados, mientras que el grado de reducción fue proporcional a la concentración de lactato en sangre. Los niveles de ácido láctico reflejan efectivamente la fatiga muscular durante y después del ejercicio [1]. La medición de lactato se puede realizar inmediatamente después o incluso durante el ejercicio porque no requiere procedimientos de laboratorio complejos [22]. La imagen térmica permite una evaluación psicológicamente más cómoda de la recuperación posterior al ejercicio y sin desembolsos financieros sustanciales [23].

La heterogeneidad en la investigación dificulta la identificación de un consenso sobre un programa óptimo de SMFR y un mejor uso del FR [7]. Varios problemas importantes relacionados con el rodillo de espuma, como la duración óptima [24], la densidad del rodillo de espuma y la presión del tejido [25], siguen sin explicación. Las diferencias en la fuerza que actúa sobre los músculos durante el rodamiento de la espuma causada por el peso corporal y las diferencias individuales en las técnicas, pueden conducir a diferentes efectos del uso del rodillo de espuma [26]. Teniendo esto en cuenta, el objetivo del estudio fue determinar si el tipo de rodillo de espuma en el tratamiento individual influye sobre la tasa de eliminación de lactato y la prevención del DOMS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes

El ensayo aleatorizado inscribió a 33 participantes varones activos, sanos, no entrenados, divididos aleatoriamente en tres grupos (Tabla 1) de once personas, dependiendo del tipo de recuperación: usando un rodillo de espuma suave (STH) o rejilla (GRID) o recuperación pasiva (PAS). Su edad promedio fue de 24.5 años (±2.9), la altura corporal promedio fue de 182.0 cm (±5.7) y la masa corporal promedio fue de 82.7 kg (± 9.4). Todos los participantes tenían un índice de masa corporal (IMC) normal. El estudio se realizó en octubre de 2019. Cada grupo realizó la prueba por separado, pero las sesiones experimentales para grupos se realizaron a la misma hora del día. Los participantes fueron informados sobre los riesgos y proporcionaron su consentimiento informado por escrito. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Educación Física Józef Piłsudski en Varsovia (No. SKE 01-41/2016).

Tabla 1. *Características biométricas de los participantes divididos en grupos, valores medios (±SD).*
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235195.t001

Group	SMOOTH ROLLER (STH) n = 11	GRID ROLLER (GRID) n = 11	PASSIVE REST (PAS) n = 11
Age [years]	24.4 ±3.4	24.5 ±2.9	24.1 ±4.4
Body height [cm]	182.8 ±5.3	182.0 ±5.7	181.5 ±6.6
Body mass [kg]	82.3 ±5.4	82.7 ±9.4	83.2 ±7.2

Diseño experimental

Antes del experimento, los participantes descansaron sometidos a 20 minutos de adaptación térmica a las condiciones de la sala donde se realizaron los exámenes. El propósito de la adaptación fue lograr un estado de equilibrio térmico en relación con la temperatura ambiente para que los termogramas obtenidos fueran confiables. Por lo tanto, los cambios en las imágenes térmicas fueron el resultado de alteraciones en la producción o disipación de calor como resultado de los ejercicios [27]. Los niveles de lactato en sangre en reposo de una muestra de lóbulo capilar se midieron y se analizaron con un fotómetro Dr. Lange LP 420 (Alemania) [28]. Después de la adaptación, se tomó una imagen térmica de las extremidades inferiores. Debido a la adaptación antes de la imagen térmica, todos los participantes usaron pantalones cortos para exhibir la mayor cantidad posible de las extremidades inferiores.

Después de completar la adaptación y las imágenes térmicas en las condiciones de reposo (REST), los participantes realizaron la prueba de ejercicio descrita en nuestros estudios anteriores [21,29]. La prueba consistió en saltos de sentadilla de máximo esfuerzo realizados durante un minuto. La prueba fue desarrollada para hacerla en poco tiempo con espacio limitado y para permitir inducir un aumento significativo en los niveles de lactato en sangre como un efecto de la naturaleza glucolítica del ejercicio [21,29]. Durante nuestra investigación preliminar, la actividad de la creatina quinasa (CK) también se midió 24 horas después del mismo ejercicio. Los valores promedio de la CK oscilaron entre 300 y 500 U-L-1, lo que sugiere un ejercicio de alta intensidad y la posible aparición de DOMS [30].

Inmediatamente después de la prueba (IAT), se realizó una segunda ronda de imágenes térmicas y medición de lactato en sangre. A continuación, las extremidades inferiores se sometieron al rodillo con espuma en los grupos STH y GRID. Una parte de los encuestados usó rodillos de espuma lisa de densidad media, tamaño 30 cm x 15 cm, mientras que el otro grupo utilizó rodillos de espuma de rejilla de densidad media con el mismo tamaño. Los participantes realizaron un ciclo de 30 movimientos completos con una frecuencia de 50 latidos por minuto [18]. Se usó el peso corporal para cada grupo muscular, comenzando con el músculo gastrocnemio, seguido por los músculos isquiotibiales, cuádriceps, el grupo aductor, banda iliotibial y músculo glúteo. Ambas extremidades inferiores fueron sometidas a este procedimiento. El grupo PAS recibió instrucciones de descansar pasivamente.

Después del tratamiento con rodillo de espuma (ART), a cada participante se le tomó una imagen térmica y luego descansó hasta 30 minutos (AFTER30) desde la finalización del ejercicio. Nuevamente, se tomó una imagen térmica y se realizó una medición de lactato en sangre. Además, 24, 48, 72 y 96 horas después de la finalización de la actividad, se les pidió a los participantes que evaluaran su sensación de dolor en las extremidades inferiores completando la escala VAS (Escala Analógica Visual) de 0 a 10, en la cual 0 indicaba 'sin dolor' y 10 representaban 'dolor extremo' [31,32]. Sólo los sujetos que declararon no tener síntomas de dolor, tanto en términos de las extremidades inferiores como del dolor general del cuerpo, antes del examen fueron incluidos en el estudio.

Los termogramas de las superficies frontal y posterior de las extremidades inferiores para cada participante se tomaron de pie para determinar la temperatura de la piel (Tsk). El área analizada se dividió en las siguientes regiones de interés (ROI): muslo anterior (desde la desviación en la articulación de la cadera hasta la rodilla, excluyendo la rótula), pantorrilla anterior (desde la tuberosidad tibial hasta el tobillo), muslo posterior (desde los pliegues glúteos hasta la rodilla, excluyendo la fosa poplítea) y la pantorrilla posterior (desde la parte inferior de la fosa poplítea hasta el tobillo). Se usó una cámara termográfica (FLIR A325, FLIR Systems, Suecia) para todas las mediciones de infrarrojos (IR). La cámara tenía un rango de medición de -20 a +350°C, una precisión de ±2°C o ±2%, una sensibilidad por debajo de 0.05°C, una banda espectral infrarroja de 7.5–13 µm, una frecuencia de actualización de 60 Hz y una resolución de 320–240 píxeles de FPA. La distancia entre la cámara y el objeto fotografiado se estableció en 2,5 m. Las recomendaciones para la imagen térmica en el deporte y la medicina del ejercicio se siguieron como se describe en investigaciones anteriores [33]. El análisis se realizó con el uso del software Researcher 2.9 Pro diseñado para usar con la cámara térmica.

Análisis estadístico

Para el tamaño de la muestra (3 grupos, cada uno n = 11), suponiendo un nivel de significancia típico alfa = 0.05 (prueba de dos vías) y el efecto estandarizado RMSSE = 0.77, la potencia de la prueba fue de 0.88. El supuesto de cumplimiento de las distribuciones de las variables con la distribución normal se testeó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. La suposición de la igualdad de varianza en los grupos se evaluó mediante la prueba de Levene. En el procedimiento de medidas repetidas, también se verificó el supuesto de esfericidad de la varianza (prueba de Mauchley). Para determinar la importancia de las diferencias en los valores (LA, VAS, Tsk) en mediciones posteriores, utilizamos un ANOVA con medidas repetidas (prueba *post hoc* de Bonferroni). Se utilizó un ANOVA para diseños factoriales (prueba *post hoc* de Bonferroni) para determinar las diferencias de valores entre cada condición (STH, GRID y PAS). Las medidas del tamaño del efecto utilizaron estadísticas de eta al cuadrado ($\eta 2$): efecto pequeño, <0,10; efecto medio, 0.10–0.40; y gran efecto, >0,40 [34]. Las relaciones entre la magnitud de la disminución del lactato, las indicaciones de VAS y la temperatura de la extremidad inferior se analizaron utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. El nivel de $p < 0.05$ se estableció en todos los análisis para evaluar la importancia de los efectos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software STATISTICA (v. 13, Stat. Soft. EEUU.).

RESULTADOS

Lactato

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las mediciones. El nivel de lactato en reposo (LA) y los cambios después de la prueba de ejercicio y la recuperación fueron similares en todos los grupos (Figura 1) ($F(4,60) = 1.61$; $p = 0.18$; $\eta 2 = 0.10$). Inmediatamente después del ensayo (IAT), se observó un aumento significativo ($F(1,32) = 293.9$; $p < 0.001$; $\eta 2 = 0.90$) en el nivel de lactato en sangre, lo que demuestra la naturaleza anaeróbica glucolítica del ejercicio. Treinta minutos de recuperación fueron suficientes para reducir significativamente los niveles de lactato en sangre ($F(1,32) = 92.9$; $p < 0.001$; $\eta 2 = 0.74$), sin embargo, los niveles de LA permanecieron más altos que en el estado de reposo. La magnitud de la disminución del lactato fue dependiente de la forma de recuperación utilizada ($F(2,30) = 3.38$; $p = 0.04$; $\eta 2 = 0.18$). La mayor disminución de lactato ($\Delta 4.94$ mmol/L) se observó en el grupo GRID. Sin embargo, esta diferencia no fue significativa ($p = 0,82$) en comparación con el grupo STH ($\Delta 4,25$ mmol/L). La disminución en la concentración de lactato en 2.65 mmol/L después de un descanso de media hora fue significativamente menor que en los otros grupos (STH vs. PAS $p = 0.042$/GRID vs. PAS $p = 0.025$).

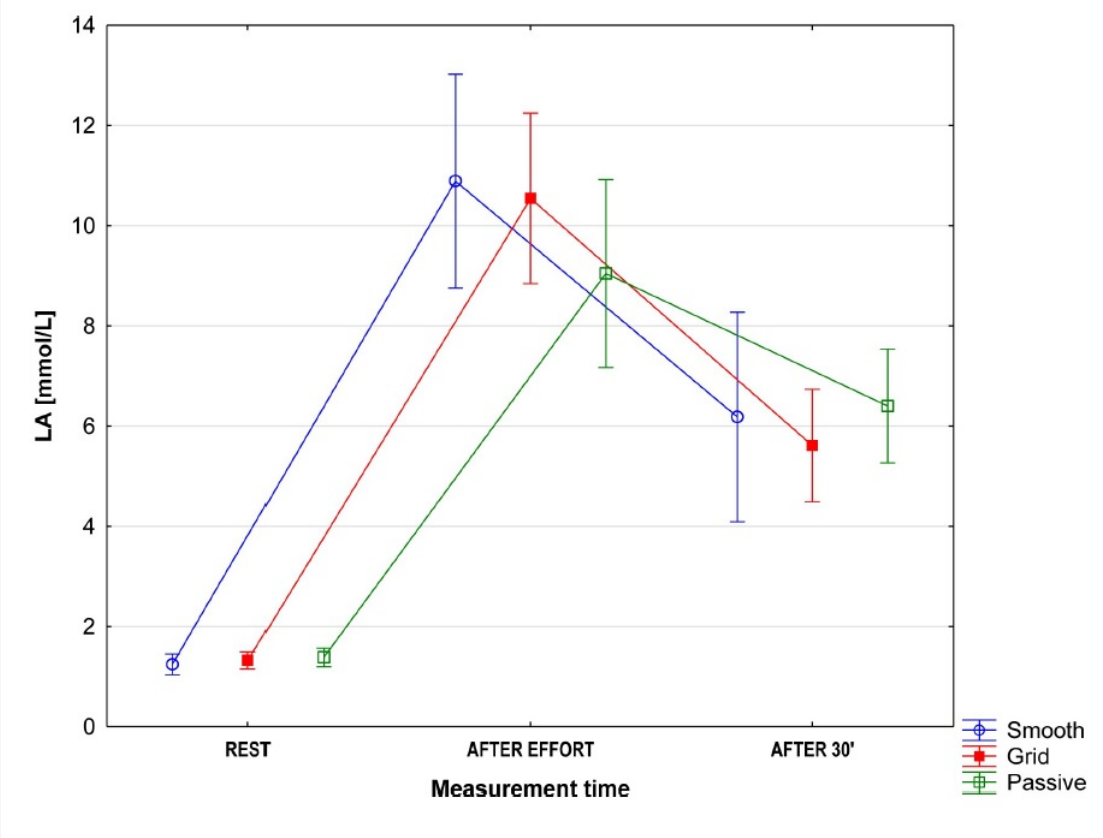

Figura 1. *Cambios en los niveles de lactato en sangre, valores medios (95% IC).*
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235195.g001

Cambios de la temperatura

Como se esperaba, el ejercicio causó una caída significativa en la temperatura de la piel (Tsk) en la mayoría de las regiones de interés (ROI). La evaluación del efecto agudo de la espuma sobre la temperatura de la piel no reveló cambios significativos entre la segunda y la tercera medición ($p > 0.05$). La mayor diversidad en las respuestas térmicas se observó para la cuarta medición. En el grupo STH, el aumento gradual de la temperatura alcanzó el nivel del estado de reposo. Al mismo tiempo, el grupo GRID tuvo una Tsk significativamente más alta en el muslo anterior, mientras que el muslo posterior alcanzó una temperatura cercana al nivel de estado de reposo (Tabla 2).

Tabla 2. *Valores medios [°C] de la temperatura de la superficie de la piel anterior y posterior de las ROI en mediciones consecutivas.*
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235195.t002

		Measurement 1 Resting state (REST)		Measurement 2 Immediately After Trial (IAT)		Measurement 3 After foam rolling treatment (ART)		Measurement 4 30th minute of recovery (AFTER30)	
		Mean±SD	CI 95%	Mean±SD	CI 95%	Mean±SD	CI 95%	Mean±SD	CI 95%
Smooth	Anterior thigh	29.95±1.12 *(2)	29.20–30.7	28.7±0.90 ***(4) *(1)	28.09–29.3	29.19±1.55 *(4)	28.15–30.24	30.48±1.44 ***(2) *(3)	29.51–31.45
	Posterior thigh	30.02±1.59 **(3) *(2)	28.96–31.09	28.87±0.98 *(1,4)	28.21–29.53	28.37±1.56 ***(4) **(1)	27.33–29.42	30.16±1.02 ***(3) *(2)	29.47–30.84
	Anterior calf	29.68±1.31 ***(2) **(3)	28.8–30.56	28.17±1.52 ***(1,4)	27.15–29.19	28.31±0.88 **(1.4)	27.72–28.9	29.66±0.92 ***(2) **(3)	29.04–30.28
	Posterior calf	29.98±1.24 **(2,3)	29.15–30.81	28.54±1.37 **(1,4)	27.61–29.46	28.6±0.70 **(1,4)	28.12–29.07	29.92±0.65 **(2,3)	29.48–30.36
Grid	Anterior thigh	29.36±1.93 **(4)	28.07–30.65	28.43±1.56 ***(4)	27.39–29.48	28.78±1.60 ***(4)	27.71–29.86	30.51±1.33 ***(2,3) *(1)	29.62–31.4
	Posterior thigh	29.83±2.35 *(3)	28.25–31.41	28.49±1.66	27.38–29.61	28.32±1.47 *(1)	27.33–29.31	29.77±1.66	28.66–30.89
	Anterior calf	29.63±1.48 ***(3) *(2)	28.63–30.62	28.65±1.30 *(1)	27.78–29.52	28.15±1.43 ***(1) **(4)	27.19–29.11	29.29±1.00 **(3)	28.62–29.96
	Posterior calf	30.15±1.14 ***(2,3)	29.39–30.92	28.67±1.08 ***(1)	27.95–29.4	28.16±1.11 ***(1) **(4)	27.42–28.91	29.49±1.26 **(3)	28.65–30.34
Passive	Anterior thigh	28.76±0.31 **(2)	28.55–28.96	27.8±0.78 ***(4) **(1)	27.27–28.32	28.34±0.93 **(4)	27.71–28.96	29.27±0.63 ***(2) **(3)	28.84–29.69
	Posterior thigh	28.76±0.44 **(2,4)	28.46–29.05	27.86±0.66 ***(4) **(1)	27.42–28.31	28.3±0.91 ***(4)	27.69–28.91	29.62±0.66 ***(2,3)** (1)	29.18–30.06
	Anterior calf	28.65±1.28 *(3)	27.78–29.51	27.76±0.90	27.16–28.37	27.57±1.04 *(1,4)	26.87–28.26	28.55±0.70 *(3)	28.08–29.02
	Posterior calf	28.95±0.59 ***(2,3)	28.56–29.34	27.78±0.78 ***(1) *(4)	27.25–28.3	27.54±0.89 ***(1) **(4)	26.95–28.14	28.51±0.51 **(3) *(2)	28.16–28.85

* $p<0.05$
** $p<0.01$
*** $p<0.001$ significant difference vs REST (1) / IAT (2) / ART (3) / AFTER30 (4)

Después de la aclimatación inicial, las temperaturas de las extremidades inferiores en todos los grupos fueron similares entre sí. La única diferencia significativa se observó en la pantorrilla posterior ($F(2,30) = 4.4$; $p = 0.02$; $\eta2 = 0.23$) entre los grupos PAS y GRID ($p = 0.03$). No se encontraron diferencias relevantes en la segunda medición. Además, en una de las ROI (pantorrilla posterior), se produjo una diferencia después del uso del rodillo espuma ($F(2,30) = 3.7$; $p = 0.04$; $\eta2 = 0.20$), pero esto fue entre los grupos PAS y STH ($p = 0.03$). La mayor diferencia entre los grupos se observó después de 30 minutos de recuperación. La única ROI sin diferencias significativas entre los grupos fue el muslo posterior. Se observaron cambios relevantes ($F(2,30) = 3.91$; $p = 0.03$; $\eta2 = 0.21$) entre los grupos PAS y GRID ($p = 0.049$) para el muslo anterior. Además, en la pantorrilla anterior, se encontraron diferencias significativas ($F(2,30) = 4.51$; $p = 0.02$; $\eta2 = 0.23$) para los grupos STH y PAS ($p = 0.02$). En la pantorrilla posterior, las temperaturas se diferenció ($F(2,30) = 7.58$; $p = 0.002$; $\eta2 = 0.24$) el grupo PAS de los grupos STH ($p = 0.002$) y GRID ($p = 0.04$). No se encontraron correlaciones significativas entre la temperatura de la extremidad inferior y el nivel de LA y el ΔLA en el minuto 30, independientemente del grupo ($p >0.05$).

Escala Visual Analógica

El dolor se redujo significativamente en todos los grupos 96 horas después de completar el ejercicio. La evaluación de la sensación de dolor entre las 24 y 72 horas después de la finalización del ejercicio no reveló diferencias significativas entre los grupos. Debido al tipo de soporte de la recuperación posterior al ejercicio, se observaron valores de VAS significativamente más bajos sólo 96 horas después del estudio (Figura 2). El análisis de la disminución de la sensación de dolor en el grupo STH mostró cambios significativos entre las 48 y 72 horas ($p = 0.018$) y las 72 y 96 horas ($p = 0.020$). Se encontró una disminución significativa gradual en la VAS en el grupo GRID en mediciones posteriores (24/48 hs $p = 0.037$; 48/72 hs $p = 0.023$; 72/96 hs $p = 0.001$). Los cambios en la VAS en mediciones posteriores en el grupo PAS no fueron estadísticamente significativos ($p >0.05$). No se demostraron correlaciones estadísticamente significativas entre el grado de disminución de lactato y las indicaciones de la VAS ($p >0.05$) y Tsk ($p >0.05$).

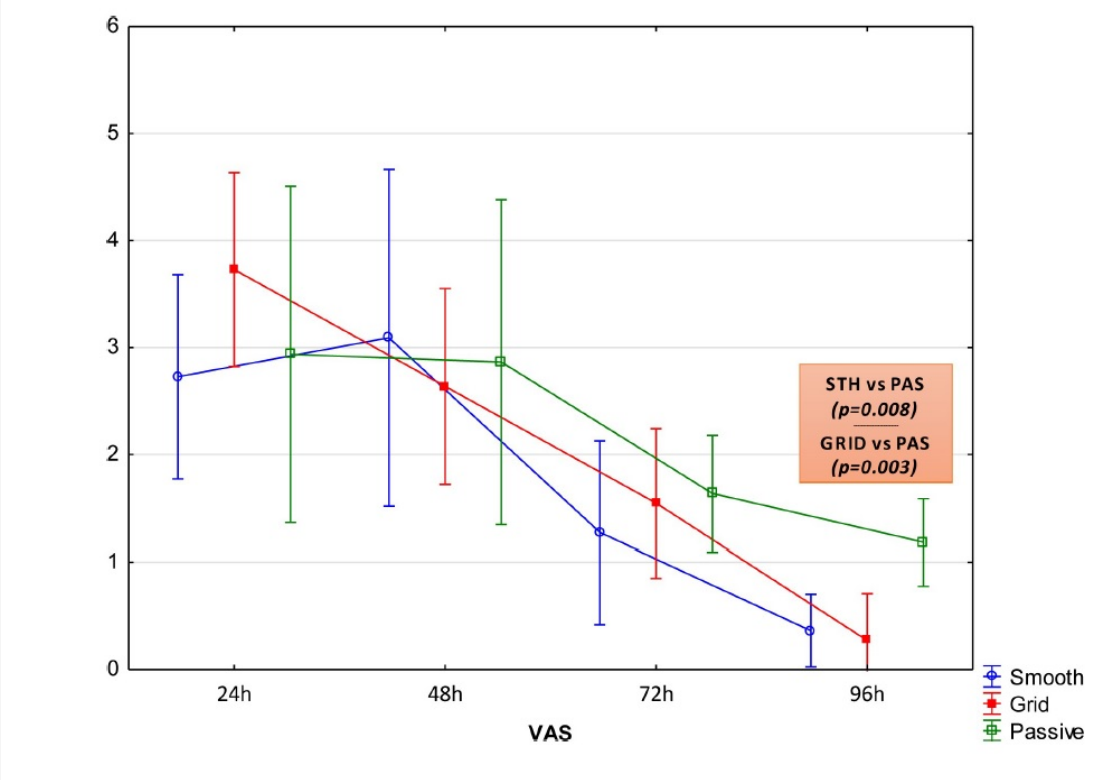

Figura 2. *Valores de la VAS para los grupos de individuos examinados en mediciones posteriores, valores medios (95% IC).*
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235195.g002

Discusión

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del uso del rodillo de espuma sobre la tasa de eliminación de lactato y la prevención del DOMS y si el tipo de rodillo de espuma era efectivo en el contexto de la recuperación posterior al ejercicio. Los hallazgos sugieren que el uso de un rodillo de espuma como técnica de liberación auto-miofascial es un enfoque efectivo para apoyar la eliminación de lactato después del ejercicio, pero no previene el dolor asociado con las fibras musculares dañadas (DOMS). Además, el tipo de rodillo de espuma no parece aumentar la tasa de recuperación.

Cambios del lactato sanguíneo

Los participantes fueron sometidos a ejercicio anaeróbico máximo. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la magnitud de la disminución del LA 30 minutos después del ejercicio, pero ambos grupos que usaron los métodos de soporte de la recuperación tuvieron una disminución mayor en lactato que el grupo que descansó pasivamente. Esto es consistente con la investigación sobre el predominio de las formas activas de recuperación sobre las pasivas. Algunos autores sugieren que con el uso de métodos activos para sostener la recuperación, se mejora el flujo sanguíneo en los músculos y se elimina el lactato más rápidamente [6]. Los estudios han demostrado que el uso de rodillo de espuma también afecta el sistema cardiovascular, reduce la rigidez arterial, mejora la función endotelial vascular y aumenta el flujo sanguíneo [11,35].

Hasta donde sabemos, no se han publicado hasta la fecha resultados inequívocos de investigación sobre el efecto del uso del rodillo de espuma sobre los niveles de lactato en sangre después del ejercicio intenso. Shalfawi y col. descubrieron que el uso del rodillo de espuma como técnica de liberación auto-miofascial durante la recuperación no aumentó la tasa de eliminación de lactato en sangre en una prueba de pedaleo hasta el agotamiento, seguida de una prueba de rendimiento de Wingate [36]. Además, Moraska y cols. [37] declararon que el masaje de liberación de un sólo punto 'gatillo' afectaba el metabolismo anaeróbico. Nuestra investigación no apoyó esta teoría, y la diferencia puede deberse al tamaño de la superficie muscular masajeada, así como a la mayor tolerancia al ejercicio de alta intensidad y la capacidad de recuperación de los sujetos.

El uso de rodillo de espuma es una forma de automasaje mediante presión mecánica sobre los tejidos. Los posibles beneficios y mecanismos del masaje son similares al uso del rodillo de espuma, incluido el aumento de la circulación

sanguínea y el retorno venoso, una mayor eliminación de lactato y una disminución de la sensación de dolor [38,39]. Los resultados de esta forma de recuperación de apoyo tampoco son concluyentes. Algunos estudios no lograron mostrar ningún efecto del masaje en la mejora del aclaramiento del lactato. Bielik [40] observó que el masaje no redujo la concentración de lactato en sangre después de una actividad física intensa y que los métodos activos (asociados con el trabajo muscular de baja intensidad) de recuperación fueron más efectivos para reducir los niveles de lactato. Una posible explicación fue presentada por Hinds y cols. [41], quienes demostraron que el masaje aumentó el flujo sanguíneo de la piel pero sin un aumento en el flujo sanguíneo arterial, lo que parece ser crucial para el aclaramiento/remoción del lactato. Por otro lado, Özsu y cols. [42] mostraron una mejor calidad de recuperación después de usar la técnica de liberación auto-miofascial. Además, los hallazgos publicados por Adamczyk y cols. [29] mostraron una disminución significativamente mayor en el ácido láctico después del masaje con hielo en comparación con el grupo de control. Una posible explicación puede ser que, en contraste con el masaje, el uso del rodillo de espuma requiere actividad muscular de baja intensidad. Por lo tanto, parece que los métodos activos para reforzar la recuperación son más efectivos que el masaje para eliminar el LA después del ejercicio, mientras que el masaje es más efectivo que el descanso pasivo [43]. Otra explicación podría ser la frecuencia establecida del tratamiento, ya que las intensidades autorreguladas mostraron una remoción del lactato mejorada [44].

Cambios de temperatura

Las imágenes térmicas se llevaron a cabo para evaluar los cambios de temperatura, lo que está estrechamente relacionado con la recuperación y la evaluación del DOMS después del ejercicio intenso [45]. La termografía ha sido reportada en la literatura como una técnica efectiva para diagnosticar el dolor post-ejercicio [21,29,45], especialmente durante las primeras 24 horas después de la actividad física. Además, Adamczyk y cols. [21] documentaron correlaciones entre la disminución de la temperatura de la superficie corporal en los músculos activos después del ejercicio anaeróbico máximo y el grado de disminución en los niveles de lactato en sangre.

Como se mencionó anteriormente [21], el estudio no mostró diferencias significativas en los niveles de lactato en sangre, pero la magnitud de la disminución del lactato 30 minutos después del ejercicio fue diferente. La temperatura de la piel (Tsk) mostró una diferenciación significativa. Los resultados de la prueba mostraron una disminución significativa en la temperatura de la superficie de las extremidades inferiores de aproximadamente 1.2–1.5°C inmediatamente después del ejercicio (Tabla 2), que está en línea con resultados anteriores [21,29]. La temperatura reducida de la superficie de la piel es una respuesta termorreguladora típica al ejercicio debido al flujo sanguíneo redirigido. Estos cambios dependen del ejercicio, y cuanto más intensa sea la actividad física, mayores serán los cambios en la temperatura de la superficie corporal [29]. Es importante tener en cuenta que no hubo absolutamente cambios significativos en la temperatura de la piel entre inmediatamente después del ejercicio y después del tratamiento con el rodillo de espuma (28.31°C y 28.30°C, respectivamente). Esto contradice los hallazgos sobre la influencia del masaje en la respuesta térmica, donde la temperatura de la piel se elevó después de la aplicación del masaje [41]. La activación de los procesos de recuperación fue confirmada por al menos un aumento de temperatura de 1°C (Tabla 2) después de 30 minutos desde la finalización del ejercicio en cada grupo.

Esto ocurre como resultado del retorno de la sangre periférica a la circulación típica de las condiciones de reposo y la mayor activación de los músculos involucrados que liberan más energía después del ejercicio [21]. Esto sugiere un efecto retardado del uso de rodillo de espuma para mejorar la recuperación a través de la redirección del flujo sanguíneo a los músculos en recuperación; en particular, la respuesta vascular cutánea al esfuerzo intenso consiste en reducir temporalmente el flujo sanguíneo en la piel, estrechar los vasos y dilatar los vasos sanguíneos para eliminar el exceso de calor [46]. Al-Nakhli y cols. [45] también encontraron que el aumento de la temperatura de la piel después del ejercicio puede ser el resultado del aumento del flujo sanguíneo en los músculos debido a la inflamación y la recuperación de los tejidos dañados. El análisis de los cambios de temperatura revela que son más variados en la superficie de la canillera, probablemente debido a la menor masa muscular y, por lo tanto, al aumento de la presión.

Murray y cols. [47] estudiaron el efecto del rodillo de espuma en la temperatura muscular y la flexibilidad, pero al contrario de los resultados anteriores, no encontraron ningún cambio significativo de la temperatura. Se documentaron diferencias significativas entre ambos grupos experimentales sólo 30 minutos después del ejercicio. Esto puede demostrar una mayor actividad metabólica causada por el uso del rodillo de espuma, que parece ser propicia para la recuperación. Esta teoría está respaldada por los valores más altos observados de los aumentos de ΔTsk y ΔVAS en grupos que usan técnicas de rodillo de espuma. Los resultados potencialmente divergentes pueden haber sido causados por los diferentes tipos de rodillos de espuma utilizados como fuerza de presión, y la profundidad de la penetración del estímulo de la liberación miofascial es diferente [25]. Además, es difícil determinar la presión y la duración exactas requeridas para cada músculo durante el uso de rodillo de espuma, ya que la respuesta térmica de los músculos depende de la presión aplicada durante el tratamiento [48].

No se demostró diferenciación en la respuesta térmica debido al tipo de rodillo de espuma. Durante el uso del rodillo de

espuma, el punto gatillo puede escapar de la presión del rodillo, lo que puede reducir la efectividad de la terapia y aumentar la respuesta de tensión del atleta presionando el punto gatillo como resultado de la respuesta a la restricción del flujo sanguíneo en el área del punto gatillo. Esta reacción restablece la circulación sanguínea y linfática normal. Al mismo tiempo, el proceso de eliminación de metabolitos dentro del tejido comprimido puede intensificarse. Esto mejora la circulación y reduce la adhesión del tejido [49,50]. La efectividad de este método se confirmó para el rodillo de espuma, pero el tipo de rodillo de espuma no fue importante.

DOMS

Los valores de VAS observados en nuestro estudio mostraron una línea de tiempo típica de sensaciones de dolor [51]. Es esperable que las quejas de dolor clasificadas en todo la VAS alcancen su punto máximo entre 24 y 48 horas después del ejercicio [32], pero debe tenerse en cuenta que la VAS y el umbral de dolor por presión están asociados con las diferentes formas de cuantificar la sensación de dolor. Sin embargo, los rodillos de espuma de rejilla pueden aplicar una presión significativamente mayor sobre el tejido blando que los rodillos lisos durante el tratamiento [25], y el efecto positivo de la espuma en la sensación de dolor se reveló sólo 96 horas después del ejercicio. Es posible que las diferencias se revelen antes, pero el análisis de los cambios de la VAS a lo largo del tiempo (ΔVAS), sugiere la efectividad del rodillo de espuma en comparación con el reposo pasivo. Este resultado se refleja en parte en el análisis de la literatura. Beier y cols. [52] observaron que el FR no produce beneficios medibles en términos de sensación de fatiga después de 24 horas. Por otro lado, Drinkwater y cols. [53] enfatizaron que el rodillo de espuma parece mejorar el rendimiento en las etapas posteriores de la recuperación después del ejercicio excéntrico, lo que podría explicar los efectos positivos observados después de 96 horas. El uso del rodillo de espuma también fue beneficioso para minimizar el dolor muscular en una investigación realizada por McDonald y cols. [54]. A la luz de la investigación, la compresión de los tejidos localizados sobre un rodillo cilíndrico aumenta el rango de movimiento (ROM) mientras mantiene la potencia y la fuerza [55] y alivia la tensión muscular y restaura la flexibilidad muscular [56]. Además, D'Amico y Paolone [16] observaron mejores efectos de recuperación en un grupo que usa el FR en comparación con aquellos que descansaron pasivamente. El análisis de la VAS en el estudio reveló un mejor estado de ánimo en las personas que realizaron rodamientos con rodillos de espuma lisos y de rejilla, pero no hubo diferencias en la velocidad o la calidad de la recuperación debido al tipo de rodillo de espuma. Esto rompe con una teoría bastante común [18] de penetración de tejido más profunda lograda por medio de rodillos de espuma de rejilla.

Según nuestro estudio, se ha confirmado la efectividad del tratamiento con rodillo de espuma para mejorar la recuperación posterior al ejercicio, pero no encontramos ningún efecto del tipo de rodillo de espuma en la calidad de la recuperación. Sin embargo, hay algunas limitaciones de este análisis. Primero, nuestro estudio incluyó grupos bastante pequeños, lo que podría haber resultado en un poder estadístico reducido del análisis proporcionado. En segundo lugar, el ejercicio se limitó a un sólo procedimiento de rodillo de espuma, por lo que la influencia del tiempo de tratamiento, la frecuencia y la densidad del rodillo aún no está clara. En consecuencia, puede haber algunas diferencias en la presión ejercida sobre el tejido muscular a través del FR. Estas discrepancias pueden explicar algunos de los hallazgos inconsistentes dentro de la literatura actual, y la investigación futura debería centrarse en encontrar un programa óptimo del uso de rodillo de espuma.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio confirman la efectividad del uso del rodillo de espuma en un refuerzo de la recuperación. El rodillo de espuma puede implementarse después de los entrenamientos para mejorar la recuperación entre las sesiones de entrenamiento [57]. También hay evidencia de una respuesta circulatoria favorable después del enrollado de espuma, una reducción de la rigidez arterial, una mejora en la función endotelial vascular y un aumento en el flujo sanguíneo arterial [37]. El uso del rodillo de espuma después del entrenamiento puede ser efectivo en algunos casos (por ejemplo, para aumentar el rendimiento de sprint y la flexibilidad o para reducir la sensación de dolor muscular) [58]. Como observamos algunos efectos sustanciales del rodillo de espuma como una modalidad efectiva de recuperación del DOMS, la aplicación práctica para una recuperación acelerada después del ejercicio podría ser crucial para el entrenamiento atlético o la competencia con períodos cortos de descanso [18]. Según los exámenes realizados en el presente estudio, el tipo de rodillo de espuma es irrelevante para los efectos del uso del rodillo de espuma.

REFERENCIAS

1. Gladden LB. (2008). 200th anniversary of lactate research in muscle. *Exercise and Sport Sciences Reviews 2008; 36: 109–115. pmid:18580290*

2. Hoff J, Storen O, Finstand A, et al. (2016). Increased Blood Lactate Level Deteriorates Running Economy in World Class Endurance Athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research 2016; 30(5).: 1373–1378.*
3. Crowther F, Sealey R, Crowe M, et al. (2017). Influence of recovery strategies upon performance and perceptions following fatiguing exercise: a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation 2017; 9: 25. pmid:29299318*
4. Dupuy O, Douzi W, Theurot D, et al. (2018). An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, soreness, fatigue,and inflammation: A systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Physiology 2018; 9: 403. pmid:29755363*
5. Peake JM. (2019). Recovery after exercise: what is the current state of play? Current Opinion in Physiology 2019; 10: 17–26.
6. Devlin J, Paton B, Poole L, et al. (2014). Blood lactate clearance after maximal exercise depends on active recovery intensity. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 2014; 54(3).: 271–8. pmid:24739289*
7. Cheatham SW, Kolber MJ, Cain M, et al. (2015). The effects of selfmyofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance: a systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy 2015; 10: 827–838. pmid:26618062*
8. Boguszewski D, Falkowska M, Adamczyk JG, et al. (2017). Influence of foam rolling on the functional limitations of the musculoskeletal system in healthy women. *Biomedical Human Kinetics 2017; 9: 75–81.*
9. Peacock CA, Krein DD, Antonio J, et al. (2015). Comparing acute bouts of sagittal plane progression foam rolling vs. *frontal plane progression foam rolling. Journal of Strength & Conditioning Research 2015; 29(8).: 2310–2315.*
10. Junker D, Stöggl T. (2019). The training effects of foam rolling on core strength endurance, balance, muscle performance and range of motion: a randomized controlled trial. *Journal of Sports Science and Medicine 2019; 18: 229–238. pmid:31191092*
11. Hotfiel T, Swoboda B, Krinner S, et al. (2017). Acute Effects of Lateral Thigh Foam Rolling on Arterial Tissue Perfusion Determined by Spectral Doppler and Power Doppler Ultrasound. *Journal of Strength and Conditioning Research 2017; 31: 893–900. pmid:27749733*
12. Schroeder J, Leuders L, Schmidt M, et al. (2019). Foam rolling effects on soft tissue tone, elasticity and stiffness in the time course of recovery after weight training. *Sports Orthopaedics and Traumatology 2019; 35, 171–177. https://* doi.org/10.1016/j.orthtr.2018.11.003
13. Schleip R. (2003). Facial plasticity: a new neurobiological explanation. *Part 1. Journal of Bodywork and Movement Therapies 2003; 7(1).: 11–19.*
14. Bradbury-Squires DJ, Noftall JC, Sullivan KM, et al. (2015). Roller-massager application to the quadriceps and knee-joint range of motion and neuromuscular efficiency during a lunge. *Journal of Athletic Training 2015; 50: 133–140. pmid:25415414*
15. Su H, Chang NJ, Wu WL, et al. (2017). Acute Effects of Foam Rolling, Static Stretching, and Dynamic Stretching During Warm-ups on Muscular Flexibility and Strength in Young Adults. *Journal of Sport Rehabilitation 2017; 26(6).: 469–477. pmid:27736289*
16. D'Amico A, Paolone V. (2017). The Effect of Foam Rolling on Recovery Between two Eight Hundred Metre Runs. *Journal of Human Kinetics 2017; 57: 97–105. pmid:28713462*
17. Hodgson DD, Lima CD, Low JL, et al. (2018). Four Weeks of Roller Massage Training Did Not Impact Range of Motion, Pain Pressure Threshold, Voluntary Contractile Properties or Jump Performance. *International Journal of Sports Physical Therapy 2018; 13(5).: 835–845. pmid:30276016*
18. Pearcey GE, Bradbury-Squires DJ, Kawamoto JE, et al. (2015). Foam rolling for delayed-onset muscle soreness soreness and recovery of dynamic performance measures. *Journal of Athletic Training 2015; 50(1).: 5–13. pmid:25415413*
19. Monteiro ER, Neto VGC. (2016). Effect of different foam rolling volumes on knee extension fatigue. *International Journal of Sports Physical Therapy 2016; 11(7).: 1076–81. pmid:27999722*
20. Aboodarda S, Spence A, Button DC. (2015). Pain pressure threshold of a muscle tender spot increases following local and non-local rolling massage. *BMC Musculoskeletal Disorders 2015; 16: 265. pmid:26416265*
21. Adamczyk JG, Boguszewski D, Siewierski M. (2014). Thermographic evaluation of lactate level in capillary blood during post-exercise recovery. *Kinesiology 2014; 46(2).: 186–193.*
22. Laskowski R, Kujach S, Smaruj M, et al. (2012). Lactate concentration during one-day male judo competition: A case study. *Archives of Budo 2012; 8(1).: 51–57.*
23. de Oliveira UF, de Araújo LC, de Andrade PR, et al. (2018). Skin temperature changes during muscular static stretching exercise. *Journal of Exercise Rehabilitation 2018; 14(3).: 451–459. pmid:30018933*
24. Couture G, Karlik D, Glass SC, et al. (2015). The Effect of Foam Rolling Duration on Hamstring Range of Motion. *The Open Orthopaedics Journal 2015; 9: 450–455. pmid:26587061*
25. Curran PF, Fiore RD, Crisco JJ. (2008). A comparison of the pressure exerted on soft tissue by 2 myofascial rollers. *Journal of Sport Rehabilitation 2008; 17(4).: 432–442. pmid:19160916*
26. Haas C, Butterfield TA, Zhao Y, et al. (2013). Dose-dependency of massage-like compressive loading on recovery of active muscle properties following eccentric exercise: rabbit study with clinical relevance. *British Journal of Sports Medicine 2013; 47: 83–88. pmid:22736207*
27. Ring EF, Ammer K. (2012). Infrared thermal imaging in medicine. *Physiological Measurement 2012; 33(3).: R33–46. pmid:22370242*
28. Medbø JI, Mamen A, Holt Olsen O, et al. (2000). Examination of four different instruments for measuring blood lactate concentration. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation 2000; 60(5).: 367–380. pmid:11003256*
29. Adamczyk JG, Krasowska I, Boguszewski D, et al. (2016). The use of thermal imaging to assess the effectiveness of ice massage and cold-water immersion as methods for supporting post-exercise recovery. *Journal of Thermal Biology 2016; 60: 20–25. pmid:27503712*
30. Laufs U, Scharnagl H, Halle M, et al. (2015). Treatment options for statin-associated muscle symptoms. *Deutsches Ärzteblatt International 2015; 112:748–755. pmid:26575138*

31. Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, et al. (2011). Measures of Adult Pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain)., Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain)., Mcgill Pain Questionnaire (MPQ)., Short-Form Mcgill Pain Questionnaire (SF-MPQ)., Chronic Pain Grade Scale (CPGS)., Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS)., and Measure of Intermittent a.
32. Lau WY, Muthalib M, Nosaka K. (2013). Visual Analog Scale and Pressure Pain Threshold for Delayed Onset Muscle Soreness Assessment. *Journal Of Musculoskeletal Pain, 2013; 21(4).: 320–326.*
33. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, et al. (2017). Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *Journal of Thermal Biology 2017; 69: 155–162. pmid:29037377*
34. Grissom RJ, Kim JJ. (2012). Effect sizes for research: Univariate and multivariate applications. *2nd Edition. Routledge, 2012.*
35. Okamoto T, Masuhara M Ikuta K. Acute (2014). Effects of Self-Myofascial Release Using a Foam Roller on Arterial Function. *Journal of Strength & Conditioning Research 2014; 28(1).: 69–73.*
36. Shalfawi SAI, Enoksen E, Myklebust H. (2019). Acute Effect of Quadriceps Myofascial Tissue Rolling Using A Mechanical Self-Myofascial Release Roller-Massager on Performance and Recovery in Young Elite Speed Skaters. *Sports 2019; 7;7(12).*
37. Moraska AF, Hickner RC, Rzasa-Lynn R, et al. (2018). Increase in Lactate Without Change in Nutritive Blood Flow or Glucose at Active Trigger Points Following Massage: A Randomized Clinical Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2018; 99(11).: 2151–2159. pmid:30092205*
38. Hausswirth C, Meur LY. (2011). Physiological and nutritional aspects of post exercise recovery. *Sports Medicine 2011; 41: 861 82. pmid:21923203*
39. Bakar Y, Coknaz H, Karli Ü, Semsek Ö, Serin E, Pala ÖO. (2015). Effect of manual lymph drainage on removal of blood lactate after submaximal exercise. *J Phys Ther Sci 2015; 27: 3387 91. pmid:26696704*
40. Bielik V. (2010). Effect of different recovery modalities on anaerobic power in off-road cyclists. *Biology of Sport 2010; 27: 59–63.*
41. Hinds T, McEwan I, Perkes J, Dawson E, Ball D, George K. (2004). Effects of massage on limb and skin blood flow after quadriceps massage. *Medicine & Science in Sports & Exercise 2004; 36(8).: 1308–1313.*
42. Özsu İ, Gurol B, Kurt C. (2018). Comparison of the Effect of Passive and Active Recovery, and Self-Myofascial Release Exercises on Lactate Removal and Total Quality of Recovery. *Journal of Education and Training Studies 2018; 6(9a).: 33–42.*
43. Ali Rasooli S, Koushkie Jahromi M, Asadmanesh A, et al. (2012). Influence of massage, active and passive recovery on swimming performance and blood lactate. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 2012; 52(2).: 122–127. pmid:22525646*
44. Menzies P, Menzies C, McIntyire L, Paterson P, Wilson J, Kemi OJ. (2010). Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery. *Journal of Sports Sciences 2010; 28(9).: 975–982. pmid:20544484*
45. Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, et al. (2012). The Use of Thermal Infra-Red Imaging to Detect Delayed Onset Muscle Soreness. *Journal of Visualized Experiments 2012; 59: 1–9.*
46. Simmons GH, Wong BJ, Holowatz LA, et al. (2011). Changes in the control of skin blood flow with exercise training: where do cutaneous vascular adaptations fit in? Experimental Physiology 2011; 96(9). *: 822–828. pmid:21602295*
47. Murray AM, Jones TW, Horobeanu C, et al. (2016). Sixty seconds of foam rolling does not affect functional flexibility or change muscle temperature in adolescent athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy 2016; 11(5).: 765–776. pmid:27757289*
48. Roberts L. (2011). Effects of Patterns of Pressure Application on Resting Electromyography During Massage. *Intnational Journal of Therapeutic Massage & Bodywork. 2011; 4(1).: 4–11.*
49. Johnson J. (2018). Soft Tissue and Trigger Point Release. *2nd Edition. Champaign: Human Kinetics, 2018.*
50. Jafri MS. (2014). Mechanisms of Myofacial Pain. *International Scholary Research Notices 2014;*
51. Laffaye G, Torrinha Da Silva D, Delafontaine A. (2019). Self-Myofascial Release Effect With Foam Rolling on Recovery After High-Intensity Interval Training. *Frontiers in Physiology 2019; 10: 1287. pmid:31681002*
52. Beier Z, Earp I, Korak JA. (2019). Self-myofascial release does not improve back squat range of motion, alter muscle activation, or aid in perceived recovery 24-hours following lower body resistance training. *International Journal of Exercise Science 2019; 12(3).: 839–846. pmid:31156751*
53. Drinkwater EJ, Latella C, Wilsmore C, et al. (2019). Foam Rolling as a Recovery Tool Following Eccentric Exercise: Potential Mechanisms Underpinning Changes in Jump Performance. *Frontiers in Physiology 2019; 10: 768. pmid:31297062*
54. MacDonald GZ, Button DC, Drinkwater EJ, et al. (2014). Foam rolling as a recovery tool after an intense bout of physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise 2014; 46(1).: 131–142. pmid:24343353*
55. MacDonald GZ, Penney MD, Mullaley ME, et al. (2013). An acute bout of self myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *Strength & Conditioning Research 2013; 27: 812–821.*
56. Sullivan KM, Dustin BJS, Button DC, et al. (2013). Roller-massager application to the hamstrings increases sit-and-reach range of motion within five to ten seconds without performance impairments. *International Journal of Sports Physical Therapy 2013; 8: 228–236. pmid:23772339*
57. Rey E, Padrón-Cabo A, Costa PB, et al. (2019). Effects of Foam Rolling as a Recovery Tool in Professional Soccer Players. *Journal of Strength & Conditioning Research 2019; 33(8).: 2194–2201.*
58. Wiewelhove T, Döweling A, Schneider C, et al. (2019). A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Frontiers in Physiology 2019; 10: 376. pmid:31024339*

Cita Original

Adamczyk JG, Gryko K, Boguszewski D (2020) Does the type of foam roller influence the recovery rate, thermal response and DOMS prevention? PLoS ONE 15(6): e0235195. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235195